
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2010/2011

November 2010

EPC 431/3 – Robotic & Automation
Robotik & Automasi

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:
ARAHAN KEPADA CALON:

Please check that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.
*Jawab **SEMUA** soalan.*

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.
*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Answer to each question must begin from a new page.
Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.
Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.

Q1. [a] Describe the first industrial robot.

Jelaskan robot industri yang pertama.

(20 marks/markah)

[b] Explain the two different structure of robot: serial and parallel kinematic chain.

Terangkan dua struktur robot yang berbeza: rantai kinematik siri dan selari.

(20 marks/markah)

[c] Describe FIVE benefits that can be obtained when applying robot in a production line.

Jelaskan LIMA manfaat yang boleh didapati bila mengaplikasikan robot dalam sebuah talian pengeluaran.

(20 marks/markah)

[d] Why most of the industrial robots have six degrees of freedom?

Mengapa kebanyakan robot industri mempunyai enam darjah kebebasan?

(20 marks/markah)

[e] With the help of a sketch, describe the degree of freedom of a cylindrical pair joint.

Dengan bantuan lakaran, jelaskan darjah kebebasan satu sendi pasangan silinder.

(20 marks/markah)

Q2. [a] There are some major coordinate systems based on which robots are generally specified as following: Cartesian, Cylindrical, Polar or spherical and Articulated or jointed.

(i) Sketch the coordinate configurations of each coordinate systems.

(ii) Sketch two views to indicate the work envelope of each robots.

(iii) Provide one example of application for each robot configuration.

Terdapat beberapa sistem koordinat utama yang robot umumnya ditentukan berasas seperti berikut: Kartesian, Silinder, Polar atau sfera dan Bersendi

(i) Lakarkan konfigurasi koordinat bagi setiap sistem koordinat.

(ii) Lakarkan dua pandangan bagi menunjukkan ruang kerja untuk setiap robot.

(iii) Berikan satu contoh aplikasi bagi setiap konfigurasi robot.

(30 marks/markah)

- [b] Figure Q2[b](i) shows a robot having three degrees of freedom with two revolute joint and one linear joint. Figure Q2[b](ii) shows the manipulator with a linear joint at minimum extension where $L_1 = 400$ mm, $L_2 = 600$ mm and $L_3 = 200$ mm. Produce a mathematical model of the robot kinematics by determining its link parameters and deriving its link transformation

Rajah S2[b](i) menunjukkan sebuah robot yang mempunyai tiga darjah kebebasan dengan dua sendi putaran dan satu sendi lurus. Rajah S2[b](ii) menunjukkan pengolahnya dengan sendi lurus pada pemanjangan minima dimana $L_1=400$ mm, $L_2=600$ mm dan $L_3=200$ mm. Bina model matematik bagi kinematik robot tersebut dengan menentukan parameter-parameter dan menerbitkan penjelmaan rangkainya

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & a_{i-1} \\ \sin \theta_i \cos \alpha_{i-1} & \cos \theta_i \cos \alpha_{i-1} & -\sin \alpha_{i-1} & -\sin \alpha_{i-1} d_i \\ \sin \theta_i \sin \alpha_{i-1} & \cos \theta_i \sin \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

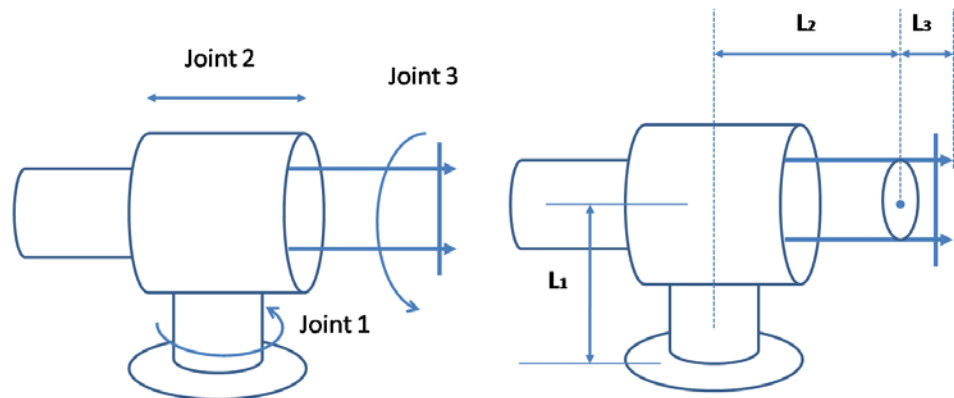


Figure Q2[b]
Rajah S2[b]

(30 marks/markah)

- [c] Figure Q2[c] shows a manipulator with its link parameters and transformation 0_3T . Solve the inverse kinematics of the manipulator to obtain the joint angles θ_1, θ_2 and θ_3 when the desired position of the gripper at the (x_0, y_0) coordinates is (130 mm, 290 mm), and the desired orientation of the gripper is $\phi = 120^\circ$ relative to X_0 axis.

Rajah S2[c] menunjukkan sebuah pengolah dengan parameter-parameter dan penjelmaan 0_3T rangkainya. Selesaikan kinematik songsang pengolah tersebut bagi mendapatkan sudut-sudut sendinya θ_1, θ_2 dan θ_3 apabila posisi pengenggamnya pada koordinat (x_0, y_0) adalah (130 mm, 290 mm) dan orientasi pengenggamnya adalah $\phi = 120^\circ$ merujuk kepada paksi X_0 .

$${}^0_3T = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & -\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & 0 & 200\cos\theta_1 + \cos(\theta_1 + \theta_2) \\ \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) & 0 & 200\sin\theta_1 + 250\sin(\theta_1 + \theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} i & \alpha_i - 1 & a_i - 1 & d_i & \theta_i \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \theta_1 \\ 2 & 0 & 200 & 0 & \theta_2 \\ 3 & 0 & 250 & 0 & \theta_3 \end{bmatrix}$$

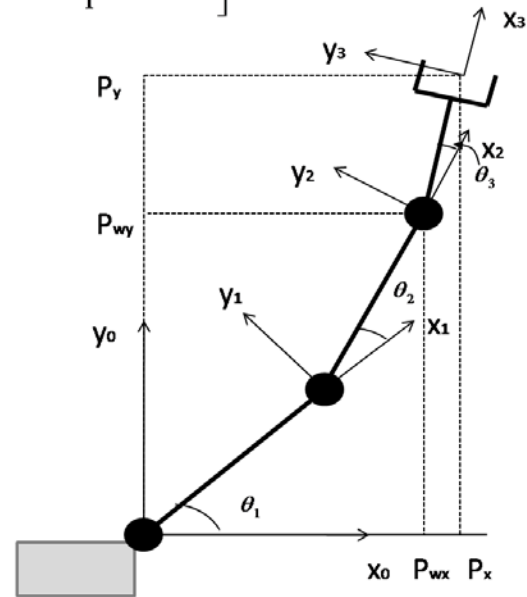


Figure Q2[c]

Rajah S2[c]

(40 marks/markah)

- Q3. [a] **Wheeled Mobile Robots(WMR) can have a large number of possible wheel configurations and kinematics designs. Give two types of mobile robot with its configuration. State five merits and five demerits of each robot with respect to application.**

“Mobile” robot beroda boleh mempunyai sejumlah besar konfigurasi roda yang mungkin dan rekabentuk kinematik. Beri dua jenis “mobile” robot dengan konfigurasinya. Nyatakan lima merit dan demerit berhubung dengan aplikasinya.

(30 marks/markah)

- [b] **Figure Q3[b] shows a relevant variables for Unicycle WMR type model. Based on this variables, construct the kinematic model equation.**

Rajah S3[b] menunjukkan sebuah nilai pembolehubah yang relevan untuk model WMR jenis “Unicycle”. Dengan menggunakan pembolehubah ini, rumuskan model persamaan kinematik.

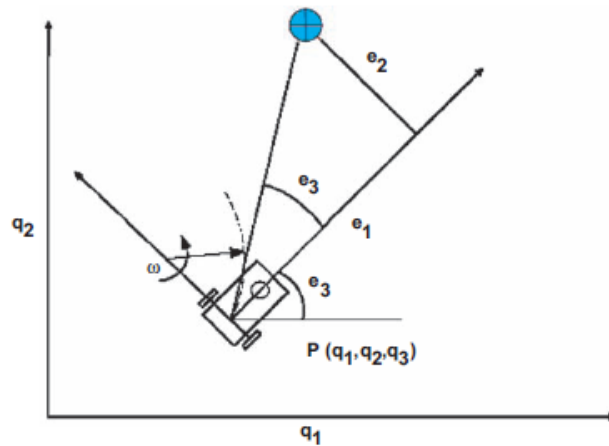


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(35marks/markah)

- [c] **Figure Q3[c] shows a path coordinate model for WMR car type configuration. The angle between the car and the tangent to the path is $\theta_p = \theta - \theta_t$. The distance traveled along the path starting at some arbitrary initial position is given by the arc length s . For this configuration, write the kinematic model of this car type.**

Rajah S3[c] menunjukkan jalan koordinat model untuk konfigurasi WMR jenis kereta. Sudut antara kereta dan tangen jalan ialah $\theta_p = \theta - \theta_t$. Jarak perjalanan sepanjang jalan bermula dari kedudukan asal diberikan oleh s , panjang busur. Untuk konfigurasi ini, tuliskan model kinematik untuk konfigurasi jenis kereta ini.

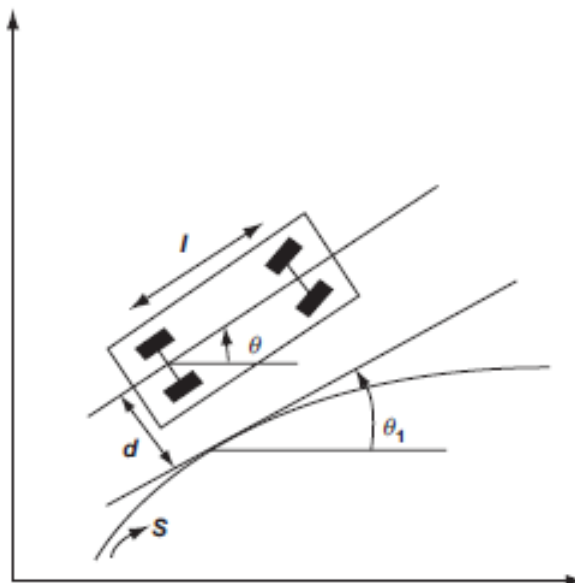


Figure Q3[c]
Rajah S3[c]

(35marks/markah)

- Q4. [a] A gantry robot has x and r axes driven by stepper motors with 3.6° per step resolution. The first motor is connected to the x axis through a ball screw with 8 mm pitch. The second motor is connected to the r axis through a gear box with 20:1 ratio.**

Sebuah robot gantri mempunyai paksi x and r yang dipacu oleh motor pelangkah dengan resolusi 3.6° per langkah. Motor pertama disambung kepada paksi x melalui satu skrew berbola dengan anggul 8 mm. Motor kedua disambung kepada paksi r melalui satu kotak gear dengan nisbah 20:1.

- (i) Calculate the required unit value to convert from step to either mm or degree for each axis.**

Kira nilai unit diperlukan bagi menukar dari langkah, samada ke mm atau darjah untuk setiap paksi.

- (ii) Calculate the operating speed in Hz, when the x and r axes are required to move 1.0 m/s and 180 degree/s respectively.**

Kira laju operasi dalam Hz, apabila paksi x dan r masing-masing perlu bergerak 1.0 m/s dan 180 darjah/s.

- (iii) Write the commands required to set the unit and operating speed in the x and r motor controller.**

Tuliskan arahan yang perlu bagi menentukan unit dan laju operasi dalam pengawal motor x dan r.

(30 marks/markah)

- [b] A gantry robot is required to move along the z and r axes simultaneously to a position 0.5 m and 180 degree relative to the home respectively. Then, it moves along the r axis to an angle of -90 degree from the current position. Finally, it moves along the z axis to a distance 0.8 m from the current position. Write a program for that task and determine the final position relative to the home.**

Sebuah robot gantri diperlukan bagi bergerak sepanjang paksi x dan y serentak ke satu posisi masing-masing 0.5 m dan 180 darjah merujuk kepada asalan. Kemudian, ia bergerak sepanjang paksi r ke sudut -90 darjah dari posisi semasa. Akhirnya, ia bergerak sepanjang paksi z ke satu jarak 0.8 m dari posisi semasa. Tulis satu aturcara untuk tugas tersebut dan tentukan posisi akhir merujuk kepada asalan.

(20 marks/markah)

- [c] **The program for XY motor controller and the program for the ZR motor controller in Figure Q4[c] shows the task of gantry robot to pick a component from a loading station and place it on a sliding table. Output 1, Output 2, Input 1 and Input 2 of the XY motor controller is connected to the Input 1, Input 2, Output 1 and Output 2 of the ZR motor controller respectively. Output 3 of the ZR motor controller is connected to the solenoid valve of the gripper. Input 4 of the ZR motor controller is connected to the optical sensor at the gripper. Draw a flow chart that describes the operation of the gantry robot based on the given programs.**

Aturcara bagi pengawal motor XY dan aturcara bagi pengawal motor ZR dalam Rajah S4[c] menunjukkan tugas robot gantri bagi mengambil komponen dari satu stesyen pemungkah dan meletakkannya di atas sebuah meja meluncur. Output 1, Output 2, Input 1 dan Input 2 pengawal motor XY masing-masing disambung kepada Input 1, Input 2, Output 1 dan Output 2 pengawal motor ZR. Output 3 pengawal motor ZR disambung kepada injap solenoid penggenggam. Input 4 pengawal motor ZR disambung kepada penderia optik pada penggenggam. Lukiskan satu carta alir yang menjelaskan operasi robot gantri berdasarkan aturcara-aturcara yang diberikan.

| | |
|---|---|
| XY Motor Controller SEQ 12 [1] D1 576 [2] D2 320 [3] MU1 [4] ABS1 [5] ABS2 [6] MU0 [7] OUT 1,1 [8] DELAY 1 [9] OUT 1,0 [10] IN 2,1 [11] CJMP 1,0,21 [12] D1 821 [13] D2 573 [14] MU1 [15] INC1 [16] INC2 [17] MU0 [18] OUT 2,1 [19] DELAY 1 [20] OUT 2,0 [21] END | ZR Motor Controller SEQ 12 [1] D2 270 [2] ABS2 [3] OUT 3,0 [4] DELAY 1 [5] IN 1,1 [6] D1 286 [7] ABS1 [8] CJMP 4,0,12 [9] OUT 1,1 [10] OUT 3,1 [11] DELAY 1 [12] D1 -286 [13] INC1 [14] OUT 2,1 [15] DELAY 1 [16] OUT 2,0 [17] CJMP 4,0,28 [18] D1 0 [19] ABS1 [20] IN 2,1 [21] D1 286 [22] INC1 [23] OUT 3,0 [24] DELAY 1 [25] D1 0 [26] ABS1 [27] OUT 1,0 [28] END |
|---|---|

Figure Q4[c]
Rajah S4[c]

(50 marks/markah)

Q5. [a] Explain the difference between automation and mechanization.

Terangkan perbezaan antara automasi dan penjenteraan.

(20 marks/markah)

[b] A programmable logic controller (PLC) is used as a master controller to synchronize two stepper motor controllers. A program for gantry robot to pick and place a component has been loaded into memory 4 of each motor controller. Build a ladder diagram as a subroutine for the PLC to execute the program in both motor controllers. State the required input/output connection between the PLC and both motor controllers.

Sebuah pengawal logik bolehaturcara (PLC) diguna sebagai satu pengawal induk bagi menyegerakkan dua buah pengawal motor pelangkah. Satu aturcara bagi robot gantri mengambil dan letak sebuah komponen telah dimuatkan ke dalam memori 4 setiap pengawal motor. Bina satu rajah tetangga sebagai satu subrutin bagi PLC melaksanakan aturcara dalam kedua-dua pengawal motor. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan kedua-dua pengawal motor.

(40 marks/markah)

- [c] A programmable logic controller is used as master controller to execute gantry robot tasks in sequence for transferring four components. Table Q5[c] shows a list of subroutines to execute the programs for robot tasks. Build a ladder diagram as the main program to execute the sequences. State the required input/output connections between the PLC and the controllers.**

Sebuah pengawal logik bolehaturcara diguna sebagai pengawal induk untuk melaksanakan tugas-tugas robot gantri dalam urutan bagi memindahkan empat komponen. Jadual S5[c] menunjukkan satu senarai subrutin-subrutin bagi melaksanakan aturcara-aturcara untuk tugas kedua-dua robot. Bina satu rajah tetangga sebagai aturcara utama bagi melaksanakan urutan-urutan tersebut. Nyatakan sambungan input/output diperlukan antara PLC dan pengawal-pengawal.

Table Q5[c]
Jadual S5[c]

| Subroutine | Component | From | To |
|------------|-----------|-------------------|-----------------|
| 5 | A | A loading station | A sliding table |
| 6 | D | D loading station | D sliding table |
| 7 | C | C loading station | C sliding table |
| 8 | B | B loading station | B sliding table |

(40 marks/markah)